Aus der medizinischen Universitäts-Klinik zu Göttingen.

Über den Einfluß der Muskelarbeit auf den Gehalt des Blutes an Zucker bei Gesunden und Diabetikern

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
in der Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe
der Hohen medizinischen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Georg Zachariae
Medizinalpraktikant aus Großkmehlen

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Göttingen
Gedruckt bei Hubert & Co., G. m. b. H.
1914

Der medizinischen Fakultät der Universität Göttingen
vorgelegt am 30. Juli 1912.

Referent: Herr Professor Dr. Lichtwitz.

Die Drucklegung ist seitens der Fakultät genehmigt.

Bei der Muskelarbeit wird Zucker verbraucht, der als Energiequelle dient. Da die Versorgung des Muskels mit Zucker durch das Blut geschieht, so ist zu untersuchen, ob nach anstrengender Arbeit sich der Gehalt des Blutes an Zucker ändert. Weiland hat darüber Versuche angestellt und kommt dabei zu dem Schluß, daß durch langdauernde Muskelarbeit bei normalen Individuen der Blutzuckerwert sinke. Sodann hat Lichtwitz die Versuche von Weiland unter Ausdehnung der Untersuchung auf Milchsäure wiederholt und festgestellt, daß bei den meisten Personen eine Senkung des Blutzuckerwertes stattfand, bei anderen aber eine Erhöhung oder ein Gleichbleiben sich ergab. Lichtwitz hat dann auch den Einfluß der Arbeit auf Diabetiker in den Bereich seiner Untersuchungen gezogen. Ich habe die Versuche von Lichtwitz fortgesetzt, aber Untersuchungen auf Milchsäure unterlassen.

Wir wandten zwei Methoden der Blutzuckerbestimmung an, einmal die Makromethode, die in der üblichen Weise im Vollblut nach Enteiweißung durch kolloidales Eisenoxyd, Eindampfen im Vakuum bei 40° und Titration nach Bertrand vorgenommen wurde, und die Bangsche Mikromethode. Hierbei wurde die Erfahrung gemacht, daß die Mikromethode, wie ja auch Bang angibt, stets etwas höhere Blutzuckerwerte ergibt. Wir haben uns in einer Reihe von Blindversuchen, die der Feststellung des Jodwertes der Lösungen dienten, und in einer großen Anzahl von Zuckerbestimmungen mit einer Zuckerlösung in die anfangs nicht leichte Methode eingearbeitet. Ihre Hauptschwierigkeit liegt in der exakten Verhinderung des Luftzutrittes in die gekochte, den Zucker enthaltende Lösung vor der Titration. Wir sind dieser Schwierigkeit dadurch begegnet, daß wir durch einen Schlauch in das zugeklemmte Kochkölbchen solange Kohlen-

säure zugeleitet haben, bis nach Abnahme der Klemme im Kippschen Apparat keine Kohlensäureentwicklung mehr erfolgte, und haben uns durch häufige Versuche davon überzeugen können, daß nach Abnahme des Schlauches und während der Titration die Kohlensäure aus dem Kölbchen nicht mehr entwich. Die Arbeit, die die Versuchspersonen zu leisten hatten, bestand meistenteils im Drehen am Gärtnerschen Ergostaten; die meisten arbeiteten bis zu vollständiger Ermüdung. Die Dauer der Arbeit wurde vorher nicht normiert, sondern variierte je nach dem Kräftezustand des zu Untersuchenden. Ich gebe nun eine Übersicht über unsere Resultate, und zwar zunächst getrennt nach Untersuchungsmethoden über die an Gesunden.

1. Untersuchungen an Nichtdiabetikern mit der Makromethode.

Nr., Name	Zucker vor der Arbeit %	Zucker nach d. Arbeit %	Bemerkungen
1. Selbstversuch	0,093	0,043	
2. M. P. R.	0,112	0,106	
3. cand. W.	0,119 0,117	0,103 0,104	Adipositas
4. P., Lehrling	0,165	0,138	Lues hereditaria. Alimentäre Glycosurie
5. F. M., Dreher	0,096 0,0958	0,142 0,141	War wegen ulcus molle in klinischer Behandlung.
6. K., stud. iur.	0,122 0,121	0,108 0,103	Lues seit 3 Monaten. Am Abend vorher 31 halbe Liter Pilsener.
7. K. P., Monteur	0,147	0,106 0,107	Alte Lues, noch nicht behandelt.
8. O., Lehrling	0,174 0,173	0,128 0,123	Gewerbeekzem.
9. K. S., Monteur	0,110 0,108	0,097 0,095	Lues.
10. W. S., Hausdiener	0,09	0,075	Dystrophia adiposogenitalis. Gewicht 105,7 kg. Nach 4 Tagen neuer Versuch (Gewicht 105 kg).
	0,11 0,10	0,10	

Anmerkung: Woher in Fall 7 der hohe Zuckerwert kam, war nicht zu ermitteln.

2. Untersuchungen an Nichtdiabetikern mit der Mikromethode.

Nr., Name	Zucker vor der Arbeit %	Zucker nach d. Arbeit %	Bemerkungen
1. Selbstversuch	0,107 0,104	0,088 0,09	
2. M. R., Kaufmann	0,134	0,106 0,107	Gewerbeekzem
3. L., cand. med.	0,12 0,118	0,096 0,10	
4. R., cand. med.	0,148 0,15	0,105 0,11	Untersuchung am Tage nach reichlichem Alkoholgenuß.
5. W. N., Kaufmann	0,124 0,122	0,108 0,110	Gesichtsekzem.

Resultate mit Erhöhung des Blutzuckergehaltes.

Nr., Name	Zucker vor der Arbeit %	Zucker nach d. Arbeit %	Bemerkungen
1. K., Chauffeur	0,093	0,097 0,098	Nach einer wegen alter Lues vorgenommenen Hg-Injektionskur.
2. M. P., B.	0,114	0,125	Körperlich sehr gut trainierter Kollege.
3. M. P., B.	0,115	0,131	Derselbe wie unter 2.
4. S., cand. med.	0,102	0,147	
5. O. H., Knecht	0,112 0,110	0,140 0,141	Ekzem.

Aus diesen Untersuchungen geht demnach hervor, daß nicht bei allen Nicht-Diabetikern eine Senkung des Blutzuckerwertes nach der Arbeit eintritt. Der Fall des Kollegen B. ist darum besonders interessant, weil die beim ersten Versuche bemerkte Erhöhung des Blutzuckergehaltes sich in einer wiederholten Untersuchung bestätigte.

Ich gehe nun über zu unseren Versuchen an Zuckerkranken. Die Hyperglykämie im Diabetes mellitus gilt als eine Veränderung des Stoffwechsels, der eine sehr große Bedeutung zukommt. Die Glykosurie geht der Hyperglykämie nicht immer parallel. Erfahrungsgemäß setzt beim Diabetiker Muskelarbeit einmal die Glykosurie herab, einmal wirkt sie erhöhend auf die Zuckerausscheidung. Da aber

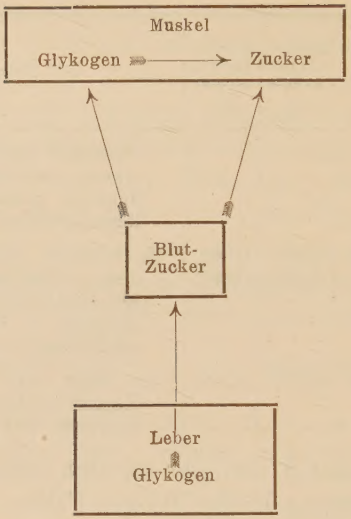
aus der Glykosurie, die noch von anderen Dingen, insbesondere von der Funktion der Niere abhängig ist, dieser für die Behandlung der Zuckerkrankheit wichtige Einfluß der Arbeit nicht immer sicher zu erkennen ist, so ist es von praktischem Interesse, durch Blutuntersuchungen festzustellen, welches Maß von Arbeit der Diabetiker vertragen kann. Zunächst gilt es aus einer Reihe von Versuchen zu schließen, wie der diabetische Organismus auf Arbeit reagiert. Ich lasse die Resultate meiner Untersuchungen folgen.

Nr., Name	Zucker vor der Arbeit %	Zucker nach d. Arbeit %	Bemerkungen
1. B., Klavierbauer	0,256 0,258	0,246 0,245	Diabetes, mittelschwerer Fall. Am Tage der Untersuchung im Harn 2% Zucker. Aceton + Acetessigsäure —. Verließ nichtentzuckert auf eigenen Wunsch die Klinik.
2. V., Beamter	0,253 0,251	0,273 0,274	Diabetes mittelschwer. Am Tage der Untersuchung 0,3 % im Harn. Geheilt entlassen. Toleranz für 20 g Weißbrot.
3. L., Malermstr.	0,168 0,17	0,145 0,14	Am Tage der Untersuchung im Harn kein Zucker. Vor 8 Tagen Diätfehler; im Harn Zucker nachweisbar. Aceton —. Leichter Fall.
4. M., Reisender	0,126 0,126	0,105 0,106	Am Tage der Untersuchung im Harn ganz schwache Reduktion. Nach 100 g Traubenzucker Glykosurie.
5. H., Lok.-Heizer	0,138 0,14	0,115 0,111	Am Tage der Untersuchung 0,3 % Zucker im Harn. Aceton +, Acetessigsäure —. Daraufhin wird der Patient auf strenge Diät gesetzt, und die Untersuchung ergibt am folgenden Tage
	0,0857 0,0852	0,1083 0,109	Demnach war der Blutzuckergehalt auf den normalen Wert herabgegangen, doch ergab sich nach der Arbeit eine Erhöhung. Am nächsten Morgen war im Harn Zucker nur in nicht meßbaren Spuren nachweisbar. Am Nachmittag wurde die Blutuntersuchung wiederholt. Sie ergab:
	0,0947 0,095	0,093 0,094	

Nr., Name	Zucker vor der Arbeit %	Zucker nach d. Arbeit %	Bemerkungen
			Demnach war die Hyperglykämie einem normalen Blutzuckerwert dauernd gewichen. Die Arbeitsleistung ergab keinen Ausschlag.
6. J., Elektro-Mont.	0,09 0,088	0,094 0,092	Es handelte sich um einen Mann, dessen klinische Untersuchung eine alimentäre Glykosurie ergab. Untersuchung 8 Tage nach der Entzuckerung.
7. P. W., Bahnarb.	0,127	0,121	Am Tage der Untersuchung 0,3% Zucker, Aceton +, Acetessigsäure —. Leichter Diabetes.

In Fall 2 und 5 (bei der zweiten Untersuchung) resultierte eine Erhöhung, in den übrigen Fällen eine Erniedrigung des Blutzuckerwertes. Wir ersehen daraus, daß die Schwere des Falles, wenn man ihr die Menge des ausgeschiedenen Zuckers als Maßstab zu Grunde legt, auf das Resultat des Versuches keinen entscheidenden Einfluß hat, wie ein Vergleich zwischen Fall 1 und 2 ergibt. Fall 5 lehrt, daß im diabetischen Organismus der Blutzuckerwert und seine Beeinflussung durch Arbeit Schwankungen unterliegt. Bei der außerordentlichen Labilität im Kohlehydratstoffwechsel stehen wir hier keinem überraschenden Ergebnis gegenüber. Bei den Fällen dagegen, deren Entzuckerung leicht von statten geht, können wir auch mit einer Erniedrigung der Hyperglykämie unter dem Einfluß der Arbeit rechnen. Wie aus Fall 5 weiter hervorgeht, bedarf es stets mehrerer Untersuchungen an aufeinanderfolgenden Tagen und unter demselben diätetischen Regime, um das Maß der Arbeit für den Diabetiker feststellen zu können. Unserer Ansicht nach ist die Zahl der Untersuchungen noch nicht groß genug, um jetzt schon ihrer praktischen Verwertbarkeit nähertreten zu können.

Das folgende Schema soll die Vorgänge des Kohlehydratstoffwechsels erläutern. Hierbei geben die Pfeile die Richtung an, in der die Umsetzung erfolgt.



Wir denken uns, diese Reize entstehen unter dem Einfluß der Zuckerabnahme, indem man die Glykogenolyse in der Leber als eine Reaktion auffassen könnte, die durch einen normalen Blutzuckergehalt gehemmt wird, und durch sinkende Blutzuckerkonzentration eintritt, d. h. als Gleichgewichtsreaktion. Möglich ist aber auch, daß bei der Muskelarbeit Stoffe entstehen, die erregend auf die Glykogenolyse in der Leber einwirken. Wie dem auch sein mag, jedenfalls muß der Zuckerbildungsprozeß in der Leber durch die Arbeit erregt werden und von der Erregbarkeit dieser Funktion in quantitativer und zeitlicher Beziehung wird der der Arbeit folgende Blutzuckergehalt abhängen. Auch die Geschwindigkeit und das Maß der Glykogenbildung im Muskel muß auf den Blutzuckerwert von Einfluß sein. Man kann also aus der Zuckerkonzentration im Blute nach der Arbeit einen Schluß machen auf die Erregbarkeit der Glykogenolyse und auf die Bildung von Muskelglykogen aus dem Blutzucker, d. h. auf zwei Prozesse, die für das Wesen des Diabetes mellitus von der größten Bedeutung sind.

Herrn Prof. Dr. Lichtwitz bin ich für die liebenswürdige Unterstützung bei der Arbeit, Fräulein Dr. Brauweiler für die Einführung in die Untersuchungsmethoden zu aufrichtigem Danke dauernd verpflichtet.

Literatur.

1. Weiland, Über den Einfluß ermüdender Muskelarbeit auf den Blutzuckergehalt. Archiv für klinische Medizin 1908 Bd. 92 S. 223.
2. Lichtwitz, Über den Einfluß der Muskelarbeit auf den Gehalt des Blutes an Zucker und Milchsäure. Berliner klinische Wochenschrift 1914. Nr. 22.
3. Bang, Der Blutzucker.
4 Bang, Über die Mikromethode der Blutzuckerbestimmung. Biochemische Zeitschrift Bd. 57. S. 300. 1913.

Lebenslauf.

Ich wurde am 28. Mai 1888 zu Großkmehlen, Kreis Liebenwerda, geboren als Sohn des Rittergutsbesitzers Carl Zachariae von Lingenthal, und besuchte die Königliche Landesschule Pforta, die ich Ostern 1907 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Dann studierte ich Medizin in Leipzig, Berlin und Göttingen. Im S.-S. 1909 bestand ich die ärztliche Vorprüfung in Berlin, im W.-S. 1913/14 das medizinische Staatsexamen in Göttingen. Seitdem bin ich Medizinalpraktikant an der medizinischen Poliklinik zu Göttingen.